



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Máster

Título:

***Efectos de una pre-contracción abdominal
en la flexión y extensión de rodilla.***

Alumno: Héctor Miguel Cobo Delgado

Tutor: Néstor Pérez Mallada

Madrid, junio de 2020.

ÍNDICE

<u>ÍNDICE</u>	<u>2</u>
<u>GLOSARIO.</u>	<u>3</u>
<u>RESUMEN.</u>	<u>5</u>
<u>ABSTRACT.</u>	<u>6</u>
<u>ANTECEDENTES.</u>	<u>7</u>
<u>OBJETIVOS.</u>	<u>12</u>
<u>HIPÓTESIS.</u>	<u>14</u>
<u>DISEÑO DEL ESTUDIO.</u>	<u>15</u>
<u>SUJETOS.</u>	<u>17</u>
<u>VARIABLES ESTUDIO CUANTITATIVO.</u>	<u>18</u>
<u>PROTOCOLO MEDICIÓN.</u>	<u>20</u>
<u>ANÁLISIS DE DATOS.</u>	<u>23</u>
<u>RESULTADOS.</u>	<u>24</u>
<u>DISCUSIÓN.</u>	<u>38</u>
<u>LIMITACIONES ESTUDIO.</u>	<u>42</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA.</u>	<u>45</u>
<u>ANEXOS.</u>	<u>47</u>

GLOSARIO.

- Bracing: maniobra de refuerzo abdominal.

- Drop Jump Test: Test de caída y salto.

- DIFERENCIA_EXT: diferencia entre extensión de rodilla con contracción voluntaria de la musculatura abdominal y sin ella.

- DIFERENCIA_FLEX: diferencia entre flexión de rodilla con contracción voluntaria de la musculatura abdominal y sin ella.

- EMGs: electromiografía de superficie.

- F.MED.MAX.VOL.FLEX: fuerza media máxima con contracción voluntaria de la musculatura abdominal en flexión de rodilla.

- F.MED.MAX.VOL.EXT: fuerza media máxima con contracción voluntaria de la musculatura abdominal en extensión de rodilla.

- F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX: fuerza media máxima sin contracción voluntaria de la musculatura abdominal en flexión de rodilla.

- F.MED.MAX.NO.VOL.EXT: fuerza media máxima sin contracción voluntaria de la musculatura abdominal en extensión de rodilla.

- Hollowing: maniobra de vaciado abdominal.

- IPAQ: Cuestionario Internacional de Actividad Física.

- LCA: ligamento cruzado anterior.

- MET: Unidad Metabólica de Reposo.

- N: Newton.

- SENIAM: Electromiografía de superficie para la evaluación no invasiva de los músculos.

- Single Leg Squat: sentadilla monopodal.

RESUMEN.

Antecedentes:

Actualmente las lesiones del miembro inferior tienen una alta importancia tanto en la población en general como más concretamente en el sector del deporte, revisar los modelos y programas de prevención de lesiones del miembro inferior, así como, los programas y técnicas de rehabilitación de estas lesiones se considera de suma importancia. El entrenamiento de la musculatura abdominal ha sido y es uno de los pilares de la prevención y la rehabilitación de este tipo de lesiones.

Objetivo:

Valorar los efectos de una contracción previa de la musculatura abdominal (musculatura proximal) en las posteriores contracciones de la musculatura flexora y extensora de rodilla (musculatura distal).

Plan de trabajo:

El estudio constará de un solo grupo, donde tras una metodología de brazos cruzados se realizarán 4 mediciones a cada uno de los sujetos del estudio mediante un dinamómetro isocinético, esas 4 mediciones serán: medición, sin contracción voluntaria de la musculatura abdominal, de las contracciones isométricas máximas a 90 grados de flexión de cadera y a 60 grados de flexión de rodilla de la musculatura flexo-extensora de rodilla y después la contracción de estas con una activación voluntaria de la musculatura abdominal. Para posteriormente analizar los datos recogidos y extraer las conclusiones. Los sujetos del estudio serán personas sanas con edades comprendidas entre los 18 y los 65 años.

Resultados:

Una contracción voluntaria previa de la musculatura abdominal incrementó significativamente la fuerza media isométrica máxima en extensión de rodilla ($p < 0.05$) y en flexión de rodilla ($p < 0.05$).

Conclusión:

Una contracción previa de la musculatura proximal (musculatura abdominal) demuestra tener efectos significativos al aumentar la fuerza media isométrica máxima en la posterior contracción de flexión y extensión de la musculatura distal (flexores y extensores de rodilla).

Palabras clave: musculatura abdominal, miembros inferiores.

ABSTRACT.

Background:

Currently lower limb injuries are of high importance both in the general population and more specifically in the sports sector, review of models and programs for the prevention of lower limb injuries, as well as rehabilitation programs and techniques for this injuries It is considered of utmost importance. The training of the abdominal muscles has been and is one of the pillars of the prevention and rehabilitation of this type of injury.

The objective:

Assess the effects of a previous contraction of the abdominal musculature (proximal musculature) in the subsequent contractions of the flexor and extensor musculature of the knee (distal musculature).

Methods:

The study consists of a single group, where after a crossed arms methodology, 4 measurements are made for each of the study subjects using a dynamometer and surface electromyography, these 4 measurements will be: measurement, without voluntary contraction of the abdominal musculature, of isometric contractions at 90 degrees of hip flexion and at 60 degrees of knee flexion of the knee flexor-extensor musculature and subsequently contraction of these with voluntary activation of the abdominal musculature. To later analyze the collected data and draw conclusions. The subjects of the study will be healthy people with ages between 18 and 65 years.

Results:

A previous voluntary contraction of the abdominal muscles significantly increased the mean maximum isometric force in knee extension ($p < 0.05$) and in knee flexion ($p < 0.05$).

Conclusion:

A previous contraction of the proximal muscles (abdominal muscles) has been shown to have significant effects by increasing the maximum mean isometric force on the subsequent flexion and extension contraction of the distal muscles (knee flexors and extensors).

Keywords: abdominal muscles, lower extremities.

ANTECEDENTES.

Hoy en día las lesiones del miembro inferior tienen una alta importancia a nivel deportivo, esto se debe a la cada vez más común profesionalización del deporte (lo cual equivale a mayor inversión económica en la formación y promoción de atletas de alto nivel) y a que en la mayoría de los deportes se dan las acciones de correr y saltar lo que aumenta la incidencia y probabilidad de este tipo de lesiones.(1)

Estas lesiones se deben a factores intrínsecos y extrínsecos, entre los intrínsecos principales podemos encontrar: edad, género, lesiones previas, pierna dominante, flexibilidad, fuerza y balance muscular, alineación anatómica, estabilidad postural y estabilidad de la musculatura abdominal, en el artículo de Haddas et al.(2) hacen especial mención a la fatiga como factor predisponente a la lesión, ya que puede moderar los patrones de activación de la musculatura del tronco y de los miembros inferiores, así como la capacidad de la musculatura de estos últimos para absorber el choque o estrés repetitivo. En cuanto a los extrínsecos estos pueden ser: nivel de competición, tipo de calzado, superficie de competición... Una de las lesiones más importantes del miembro inferior es la rotura de LCA (ligamento cruzado anterior), la cual tiene un alto impacto económico y psicosocial en la población. En el caso de las mujeres estas sufren de 4 a 6 veces más rotura del LCA sin contacto que los hombres, esto es debido a un déficit de control neuromuscular de la musculatura de la cadera, lo que conlleva a un mayor ángulo de aducción de la cadera que aumenta el valgo de la rodilla, sobre todo en pruebas dinámicas como el single leg squat (sentadilla monopodal) o el drop jump test (test de caída y salto), los cuales a la larga son predictores de riesgo de esta lesión.(1,3)

El desplazamiento lateral de tronco también ha sido relacionado con un aumento de riesgo de lesión del LCA en mujeres, de ahí la incorporación de programas de fuerza y estabilidad de musculatura abdominal en los programas de prevención de lesiones. Una lesión como la rotura del cruzado anterior puede conllevar hasta un año de baja deportiva, así como tiene un gran impacto psicosocial, incluyendo riesgo de recidiva, depresión, descenso de la satisfacción deportiva y peor rendimiento académico. Por ello la estabilización mediante el fortalecimiento de la musculatura abdominal ha sido utilizada en la rehabilitación y prevención de lesiones en miembros inferiores. Sin embargo, esta

relación de mecanismo lesional directa entre el desplazamiento lateral de tronco y la rotura del cruzado anterior no está bien establecida. En el estudio de Linde et al.(4) no encontraron que la activación previa muscular mediante bracing (refuerzo abdominal) o hollowing (vaciado abdominal) surtiera ningún efecto sobre la angulación de la cadera o la rodilla, aunque si se vio que el bracing era más efectivo a la hora de lograr mayor activación de la musculatura abdominal, concluyendo el estudio resaltando la necesidad de investigar otros mecanismos que puedan relacionar un menor riesgo de lesión del LCA y la musculatura abdominal.(5)

De las estrategias de activación abdominal, las cuales son: bracing- activación o contracción de la musculatura antero-lateral, es decir, toda (con mayor activación de oblicuos externos y recto abdominal), hollowing- activación de la musculatura más profunda y menos de la superficial (con mayor activación del transverso abdominal). Estas estrategias han sido utilizadas habitualmente para mejorar la estabilidad de tronco y reducir el dolor lumbar. (4,6)

La contracción abdominal voluntaria (bracing) es considerada una de las técnicas más efectivas para generar estabilidad de tronco, ya que produce una alta activación de la musculatura abdominal superficial como el oblicuo externo y el recto abdominal, así como de la más profunda como el oblicuo interno y el transverso del abdomen, incluso comparado con movimientos que involucran flexo-extensión de tronco. La presión intra-abdominal creada durante el bracing ha demostrado ser mayor incluso que durante la flexo-extensión de tronco y la maniobra de hollowing, esta presión se considera uno de los factores más importantes a la hora de incrementar la rigidez y estabilidad espinal, pero también para generar fuerza muscular durante las actividades de la cadena cinética como el levantamiento. En el estudio de Haddas et al.(2) concluyeron que una estrategia de contracción abdominal voluntaria, como el bracing, durante un aterrizaje disminuía los factores biomecánicos asociados con una lesión de columna lumbar, por lo que finalizaban el estudio recomendando la incorporación de este tipo de estrategias de contracción abdominal para mejorar el control y el posicionamiento del tronco. (7)

Las actividades dinámicas que ocurren durante las actividades deportivas requieren de una base estable en la región lumbo-pélvica, denominado complejo lumbo-pélvico, el cual está formado por: el diafragma, musculatura abdominal y oblicua, erectores

espinales, musculatura de cadera y pelvis, y del suelo pélvico. Además de esta base estable, se requiere un funcionamiento óptimo de la anterior musculatura para transferir correctamente la carga a los miembros inferiores. Esto se consigue mediante un apropiado control neuromuscular dinámico y estático, así como poseer estructuras y elementos pasivos en óptimo estado. Una falta o desacondicionamiento de alguno de estos elementos puede generar lesiones hacia debajo de la cadena cinética en miembros inferiores, varios estudios así lo corroboran como por ejemplo el estudio de Kuszewski et al.(8) En el cual se relaciona un incremento progresivo de la rigidez de la musculatura isquiosural como resultado de un control no óptimo de la articulación sacroilíaca.(7,9)

En el trabajo de Hides et al.(10) reportaron que existía una correlación entre un menor tamaño de los multífidos y un mayor riesgo lesional en ingle y muslo por parte de jugadores de fútbol. Cowan et al.(11) en la misma línea que los anteriores reportaron que un retraso en la activación del transverso abdominal se correlacionaba en atletas con dolor inguinal de larga duración. Otro estudio reciente de Schewermans et al.(12) con EMGs (electromiografía de superficie) indicó que los atletas que presentaron menor incidencia lesional en musculatura isquiosural tenían una mayor activación muscular de tronco (musculatura abdominal) y glúteo en el sprint.

Hay estudios como el de O'Connor et al. (5) que defienden el papel de la musculatura abdominal en la estabilización del tronco y en la importancia de este para los miembros inferiores, todos estos estudios están realizados mediante perturbaciones internas, en el estudio de Kim et al.(13) en el cual las perturbaciones son externas, la previa contracción de la musculatura abdominal no afecta a los miembros inferiores, si en cambio al tronco. No obstante, es conocido que la musculatura estabilizadora de tronco (musculatura abdominal profunda) se activa previamente a cualquier movimiento de los miembros inferiores, esto se considera una función para asistir a la producción de fuerza o potencia de las piernas durante las actividades de la cadena cinética. Esto sugiere, por lo tanto, que un tronco más fuerte y estable, así como una rápida contracción de este, es beneficioso para lograr un alto rendimiento deportivo al producir un aumento de producción de fuerza con los miembros inferiores. Sin embargo, una revisión sistemática y metaanálisis reveló que el entrenamiento de fuerza en la musculatura abdominal tuvo efectos en el incremento de la fuerza muscular, pero fue poco efectivo en el rendimiento atlético en individuos entrenados.

En la misma línea de los autores anteriores, según el metaanálisis de Prieske et al.(14), la función atlética suele estar producida por la activación de la cadena cinética, lo cual requiere de una acción coordinada de los segmentos corporales en el orden correcto, con la velocidad y timing óptimos para alcanzar el objetivo del atleta. La musculatura del tronco ha demostrado activarse antes que los movilizadores primarios, lo que hace indicar que el papel de la musculatura abdominal no es tanto incrementar el rendimiento, sino para aumentar la calidad de la activación y de la fuerza producida durante el movimiento. Concluyendo el metaanálisis con la afirmación de que el entrenamiento de fuerza de la musculatura abdominal tiene efectos limitados sobre el incremento de la aptitud física y el rendimiento atlético.

Por ello algunos estudios como el de Haddas et al.(2) y el de Tsang et al.(7) han hecho referencia al papel de la presión intraabdominal, la cual se considera uno de los factores más importantes a la hora de cuantificar y buscar explicación a ese aumento de fuerza, ya que se habla de que la tasa de aumento de esta presión juega un rol importante en la estabilización de la columna lumbar durante movimientos rápidos. Considerando esta afirmación anterior, se podría asumir que el entrenamiento de la musculatura abdominal induce un aumento de la presión intraabdominal lo cual se traduce en mayor potencial de extensión de tronco y cadera, así como de mayor potencia de elevación o levantamiento. Hyeung-Jin Lee et al.(15) consideran la musculatura abdominal como generadora de torque para el tronco, ya que se encarga de aumentar la presión intrabdominal, lo que contribuye a la estabilización de la zona lumbar. En su estudio se destaca la importancia de la musculatura abdominal a la hora de estabilizar el tronco en los ciclistas y permitir una transmisión eficiente de fuerzas a los pedales a través de los miembros inferiores, también se halló que los ciclistas de corta distancia tenían una mayor hipertrofia de la musculatura abdominal y del recto femoral. La conclusión del artículo es que el entrenamiento de la musculatura abdominal puede ser una maniobra efectiva para incrementar la fuerza y la potencia en las actividades que involucren extensiones de tronco o cadera, el grosor de la musculatura oblicua y el aumento de la presión intraabdominal, pero no se pueden determinar las relaciones causales entre las variables medidas.

Chan et al.(6) concluyeron que la actividad de la musculatura abdominal previa incrementaba el reclutamiento de la musculatura de la cadera, así como la rigidez de esta

musculatura. Esto sugiere un alto potencial de aplicación de la musculatura abdominal para la rehabilitación de miembros inferiores, como indican en el artículo de Biabanimoghadam et al.(9) en el cual comparaban la activación de la musculatura abdominal en sujetos sanos y sujetos con dolor femoro-patelar, llegando a la conclusión de que en los sujetos sanos la musculatura abdominal se contraía de manera anticipada al movimiento voluntario de los tobillos, proponiendo el trabajo de estabilidad de la musculatura abdominal en el tratamiento del dolor femoro-patelar. En la misma línea del anterior, en el artículo de Tayashiki et al.(3) se encontró que el entrenamiento de la musculatura abdominal durante 8 semanas mediante ejercicios isométricos aumentó la fuerza de extensión del tronco y cadera, así como de la potencia máxima de levantamiento, pero no de la flexión de tronco y la extensión de rodilla. Nadler et al.(16) también hallaron una relación entre el fortalecimiento de la musculatura abdominal y un aumento de la fuerza en extensión de cadera, así como en otros artículos se añade también la abducción de cadera.

La evidencia previa sugiere que la línea de investigación no debería centrarse en hallar relación entre el impacto de la musculatura abdominal en el rendimiento deportivo, sino valorar si existe relación entre la previa contracción de la musculatura abdominal y la posterior fuerza y activación de la musculatura de los miembros inferiores, así como, de los mecanismos que lo generan. Estos hallazgos podrían ser utilizados para optimizar la rehabilitación y prevención de lesiones en los miembros inferiores.

Para la realización de la búsqueda bibliográfica se utilizaron los descriptores “abdominal muscles” y “lower extremity” con el operador booleano “AND” en las bases de datos Pubmed, Cochrane library y SciELO, escogiendo aquellos artículos posteriores al año 2015 que tuvieran relación con el presente estudio.

OBJETIVOS.

El presente estudio “Efectos de una pre-contracción de la musculatura abdominal en la posterior contracción de la musculatura flexo-extensora de rodilla” se realiza dentro del proyecto de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios "Variación de los datos biomecánicos del movimiento del cuerpo humano, por rangos de edad, sexo, actividad deportiva y características antropométricas, tras la aplicación de técnicas de fisioterapia deportiva", cuenta con el informe favorable:C.P.-C.I.15/416-E de 1 de Septiembre del 2015, así como, la adenda favorable de ampliación del día 04/03/2020, acta 3.1/20 (Anexo 6).

Los objetivos del presente estudio se enmarcan en el objetivo “Conocer la influencia de las técnicas de fisioterapia deportiva sobre los datos cinéticos y cinemáticos de las articulaciones tobillo, rodilla, cadera, tronco, hombro, codo y mano, en los planos horizontal, sagital y frontal, en sujetos sanos”, en base a ello:

El objetivo principal:

- Valorar los efectos de una contracción previa de la musculatura proximal (musculatura abdominal) en la posterior contracción de flexión y extensión de la musculatura distal (flexo-extensores de rodilla).

Los objetivos específicos:

- Valorar el aumento de fuerza media isométrica máxima en extensión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.
- Valorar el aumento de fuerza media isométrica máxima en flexión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.
- Observar si el género de los sujetos tiene alguna relación con la media de fuerza isométrica máxima de los sujetos en extensión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

- Observar si el género de los sujetos tiene alguna relación con la media de fuerza isométrica máxima de los sujetos en flexión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

- Relacionar la actividad física que realizan los sujetos, medida mediante el IPAQ (Cuestionario Internacional de Actividad Física), con la media de fuerza isométrica máxima ejercida por los sujetos en la extensión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs. (Anexo 1).

- Relacionar la actividad física que realizan los sujetos, medida mediante el IPAQ (Cuestionario Internacional de Actividad Física), con la media de fuerza isométrica máxima ejercida por los sujetos en la flexión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

Nota aclaratoria: Este estudio no tiene como fin evaluar el impacto de la musculatura abdominal en el rendimiento deportivo, sino buscar la relación aplicable a la fisioterapia tanto en tratamiento como en prevención de lesiones.

HIPÓTESIS.

La contracción previa de la musculatura abdominal proximal incrementará la fuerza de la posterior contracción de la musculatura distal, flexo-extensora de rodilla.

DISEÑO DEL ESTUDIO.

Se trata de un estudio cuantitativo cuasiexperimental pre-post con un único grupo de estudio, el cual tendrá un carácter transversal. El método de estudio será de brazos cruzados aleatorios, esto quiere decir que la intervención irá en primer lugar en la prueba o en segundo de manera aleatoria. Siendo siempre la primera prueba que realizar la extensión de rodilla y después la de flexión.

La intervención será la contracción voluntaria máxima de la musculatura abdominal por parte del sujeto durante la realización de la medición de la fuerza isométrica máxima de la extensión o flexión de rodilla. Para verificar si existe o no una contracción voluntaria máxima de dicha musculatura se utilizará un dispositivo de electromiografía de superficie (EMGs), en este caso se utilizará el dispositivo BTS FREEMG.

La electromiografía es un procedimiento diagnóstico que se encarga de evaluar la señal de actividad eléctrica muscular, en el caso de la EMGs permite recoger la señal eléctrica muscular en movimiento o en acciones estáticas de carácter postural. En este estudio se utiliza la EMGs para observar la activación de la musculatura abdominal durante la flexo-extensión de rodilla en dinamómetro, si se produce durante la flexo-extensión suficiente activación muscular como el 60% o más de la activación muscular voluntaria máxima intra sujeto (medida al inicio del protocolo de medición) se considerará como intervención, de lo contrario se considerará como una contracción natural de la musculatura abdominal durante la ejecución de la medición.

Este trabajo cumple con las recomendaciones éticas de la última actualización de la Declaración de Helsinki y Tokio de la Asamblea Médica Mundial, sobre investigación clínica en seres humanos.

A los sujetos del estudio se les entregará una hoja de información (Anexo 2) y posteriormente un consentimiento informado (Anexo 3), de acuerdo con la Ley de Protección de Datos 3/2018 y con la Ley Básica Reguladora de la autonomía del Paciente 41/2002. La hoja de información recogerá las características del estudio, así como su composición, en caso de que tras su lectura surgieran dudas al respecto estas serían

respondidas por el investigador. A continuación, tras la lectura de la hoja de información por parte del sujeto según el principio de autonomía del paciente, este firmará el consentimiento informado para formar parte del estudio.

Para cumplir con la anonimización de los datos de los sujetos, se contará con dos bases de datos: una con el nombre completo del paciente y un código de asignación por cada uno, a la que sólo tendrá acceso el investigador, y otra segunda con el código de cada paciente y sus datos personales y clínicos.

SUJETOS.

La población diana serán sujetos sanos entre 18 y 65 años, de la cual la población accesible son los estudiantes y los trabajadores de la Universidad Pontificia Comillas.

El estudio se llevará a cabo en el laboratorio de biomecánica de la Universidad Pontificia Comillas.

Criterio de inclusión:

- Los sujetos de estudio deberán ser estudiantes o trabajadores de la Universidad Pontificia Comillas.
- Los sujetos deberán tener edades comprendidas entre los 18 y los 65 años.

En cuanto a los criterios de exclusión, estos serán:

- Haber padecido o padecer algún episodio de dolor lumbar hasta 3 meses antes del estudio.
- Tener una deformidad espinal o intervención quirúrgica de esta.
- Estar embarazada.
- Padecer algún desorden neurológico que afecte al sistema sensoriomotor.
- Haber padecido o padecer algún episodio de dolor cervicodorsal hasta 3 meses antes del estudio.
- Haber padecido o padecer alguna lesión musculoesquelética hasta 3 meses antes del estudio.

Tamaño muestral del estudio piloto previsto es de 18 individuos y el sistema de selección de sujetos será por muestreo de conveniencia.

VARIABLES ESTUDIO CUANTITATIVO.

Las variables dependientes del estudio serán aquellas variables dinamométricas relacionadas con la fuerza de la musculatura flexo-extensora de rodilla, es decir, los datos de fuerza media máxima de los sujetos de estudio.

En cuanto a las variables independientes, estas serán aquellas que podrían afectar al resultado de la variable dependiente, estas son: el género de los sujetos, la actividad física de los sujetos medida mediante cuestionario (IPAQ) y la verificación de actividad muscular durante la flexo-extensión de rodilla en la musculatura abdominal, esta medida mediante electromiografía de superficie.

VARIABLES DEPENDIENTES	TIPO	SISTEMA MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE EXTRACCIÓN
MEDIA DE FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA EN FLEXIÓN DE RODILLA	Variable dependiente cuantitativa continua.	Dinamómetro	N (Newton)	El paciente deberá realizar tres repeticiones del movimiento en cada medición, de estas 3 mediciones el dinamómetro mostrará la media de la fuerza resultante de las 3 repeticiones en N.
MEDIA DE FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA EN EXTENSIÓN DE RODILLA	Variable dependiente cuantitativa continua.	Dinamómetro	N	El paciente deberá realizar tres repeticiones del movimiento en cada medición, de estas 3 mediciones el dinamómetro mostrará la media de la fuerza resultante de las 3 repeticiones en N.

VARIABLES INDEPENDIENTES	TIPO	SISTEMA MEDICIÓN	UNIDAD MEDICIÓN	MÉTODO DE EXTRACCIÓN
GÉNERO	Variable nominal dicotómica	Formulario	Hombre o Mujer	Formulario.
ACTIVIDAD FÍSICA	Variable ordinal policotómica	IPAQ (Anexo 1)(17)	METS (unidad metabólica de reposo)/minuto/semana	El cuestionario lo rellenará cada sujeto antes de la medición, posteriormente se calcularán los METS en cada sujeto y se clasificarán en actividad física vigorosa, moderada o baja según los resultados.

PROTOCOLO MEDICIÓN.

Los sujetos de este estudio son estudiantes o trabajadores de la Universidad Pontificia Comillas, al ser una participación voluntaria aquellos individuos dispuestos a participar contactan con el investigador para concretar la fecha y el horario del estudio de manera individual. A la llegada del sujeto se le informa del proceso que se llevará a cabo y cómo se realizará la medición, posteriormente se le entrega la hoja de información y el consentimiento informado para que lo lea, rellene y firme, de acuerdo con lo establecido en la ley 41/2002.

El presente estudio se realiza dentro del proyecto de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios "Variación de los datos biomecánicos del movimiento del cuerpo humano, por rangos de edad, sexo, actividad deportiva y características antropométricas, tras la aplicación de técnicas de fisioterapia deportiva", cuenta con el informe favorable: C.P.-C.I.15/416-E de 1 de septiembre del 2015, así como, la adenda favorable de ampliación del día 04/03/2020, acta 3.1/20. Está realizado de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki para la experimentación humana, cumple con la Ley de Protección de Datos 3/2018 y realiza la correspondiente anonimización de los datos de los sujetos.

A continuación, se le entregará el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ)(17), el cual deberá cumplimentar en función de su actividad física habitual y de la que luego se extraerá su nivel de actividad física, clasificado en nivel de actividad: alto (mayor de 1500 METS), moderado (mayor o igual a 600 METS) y bajo o inactivo (menor de 600 METS). Se utilizará la versión corta del cuestionario, por lo que este constará de 7 preguntas. (Anexo 1).

Después se procederá a la colocación de los electrodos en los músculos abdominales: recto abdominal y erectores espinales, en la localización proporcionada por el proyecto SENIAM, en alineamiento con el ángulo de penación de las fibras musculares y con una distancia inter-electrodo de 20 milímetros.(18) Para ello se procederá a rasurar la zona de vello en caso de que lo haya y limpiar la piel con una gasa estéril y alcohol isopropilo. Una vez colocados los electrodos se pedirá la realización de una contracción isométrica

máxima de la musculatura abdominal, con 3 contracciones máximas de 5 segundos con 10 segundos de descanso entre ellas será suficiente para hallar los valores de normalidad de la contracción voluntaria máxima intra sujeto con la EMGs (BTS FREEMG).(7,19) (Anexo 4). Este valor de contracción voluntaria máxima servirá como indicador de que el sujeto está realizando una contracción voluntaria máxima durante la medición si la EMGs refleja una activación de la musculatura abdominal del 60% o más que la contracción voluntaria máxima intra sujeto, en caso de ser menor se considerará una contracción natural de la musculatura abdominal durante la ejecución de la medición y por lo tanto una ausencia de intervención.(20)

El protocolo de calentamiento consistirá en la realización de 8 a 10 contracciones submáximas de flexo-extensión de rodilla a 60°/s, y deberán pasar al menos 2 minutos entre este y la realización de la prueba para evitar interferencias entre el calentamiento y el estudio a realizar.(21)

El siguiente paso será la colocación del sujeto por parte del fisioterapeuta en la silla (la cual estará bloqueada) y el dinamómetro (BTE Primus RS), adaptando este a las medidas específicas del sujeto, pero siempre con el dinamómetro a los mismos grados para todos los sujetos de estudio: 60° de flexión rodilla tanto para musculatura isquiocrural como para musculatura cuadriceps y la cadera a 90° de flexión. El eje del dinamómetro deberá estar alineado con el eje de rotación de la articulación a valorar, en este caso la rodilla, el cual se sitúa en el epicóndilo femoral lateral.(21) (Anexo 5).

El sujeto se colocará en sedestación y con una posición erguida, no pudiendo estar apoyado en el respaldo de la silla y con los brazos cruzados sobre su pecho a fin de evitar posibles compensaciones.(21) La medición se realizará en la pierna dominante del paciente, esta se determinará preguntando al sujeto por cual es la pierna que utilizaría para golpear una pelota.(7)

Una vez colocado el paciente se procederá a la puesta en marcha del protocolo de medición, es una prueba isométrica que consiste en realizar 3 contracciones isométricas máximas de 5 segundos de duración con 10 segundos de descanso entre ellas, el estudio se realizará mediante un gráfico de barras estático de un solo lado con el fin de hallar la fuerza media máxima de las 3 repeticiones, tanto de flexión como de extensión de rodilla.

Entre cada una de las mediciones se deberá dejar mínimo un minuto de descanso para evitar el efecto de pre-activación muscular.(21)

Los sujetos de estudio fueron previamente instruidos en la correcta realización del bracing abdominal (intervención del estudio) para ello se les dió las instrucciones de “meter el ombligo hacia dentro y arriba, contrayendo después la musculatura abdominal sin generar ningún cambio de posición en su columna lumbar”.(6)

El fisioterapeuta iniciará el protocolo en el dinamómetro e indicará al paciente en qué momento debe iniciar la contracción y el descanso, así como, antes de cada prueba indicará claramente si debe existir contracción voluntaria de la musculatura abdominal o no.(4,6) Se determinará que existe una contracción de la musculatura abdominal si la EMGs detecta una actividad igual o superior al 60% de la contracción voluntaria máxima intra-sujeto.(20) Además, el fisioterapeuta deberá controlar en todo momento la correcta realización de la prueba y ejecución del movimiento, evitando en la medida de lo posible compensaciones por parte del sujeto. El sujeto en ningún momento tendrá feedback visual de la prueba, ni tampoco auditivo, sólo las indicaciones necesarias para la realización de la prueba por parte del fisioterapeuta.

ANÁLISIS DE DATOS.

Tras la recopilación de datos durante la prueba experimental, se procederá a la interpretación de estos mediante un software estadístico. En este caso se utilizará el IBM SPSS Statistics 26, en el cual se analizarán y relacionarán los datos para poder responder a los objetivos del estudio.

Para el objetivo general del estudio, se relacionarán las variables de fuerza media máxima isométrica en flexo-extensión de rodilla con contracción previa de la musculatura abdominal y sin ella, con el fin de observar si se dan diferencias significativas entre ambas. Se usará la prueba de Shapiro-Wilk para hallar si se trata de una distribución normal de la muestra y en función del resultado se hallará mediante una t student para muestras relacionadas si tiene una distribución normal o una prueba de Wilcoxon si no tiene distribución normal.

En cuanto a los objetivos específicos, estos consistirán en relacionar la fuerza media máxima isométrica de flexo-extensión de rodilla con las demás variables independientes de los sujetos, las cuales son:

- Para observar si el género de los sujetos tiene alguna relación con la media de fuerza isométrica máxima de los sujetos en extensión y flexión de rodilla con y sin contracción previa de la musculatura abdominal, tras hallar la distribución de la muestra, se realizará una t student para muestras relacionadas si es una distribución normal, si no lo es, se utilizará la prueba de Wilcoxon.
- Para relacionar la actividad física que realizan los sujetos, medida mediante el IPAQ (Cuestionario Internacional de Actividad Física), con la media de fuerza isométrica máxima ejercida por los sujetos en la extensión y flexión de rodilla. (Anexo 1), tras hallar la distribución de la muestra, se realizará una t student de muestras relacionadas si es una distribución normal, si no lo es, se utilizará la prueba de Wilcoxon.

RESULTADOS.

La estadística descriptiva del estudio se representará mediante tablas y gráficos circulares. El estudio piloto contó con la participación de 18 sujetos, de los cuales 10 de ellos eran hombres (0) y 8 mujeres (1). En cuanto a los grupos en base al IPAQ, la muestra se dividía en 4 sujetos para el grupo de actividad física moderada y 14 sujetos para el grupo de actividad física vigorosa. En las tablas vendrán representadas los valores estadísticos de cada una de las variables a estudiar. Los valores representados serán los siguientes: media, mediana, desviación estándar, mínimo y máximo.

	SEXO	Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
F.MED.MAX.VOL.EXT	0	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	1	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	0	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	1	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
F.MED.MAX.VOL.FLEX	0	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	1	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	0	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
	1	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

	C.ACT.FÍSICA	Válido		Casos Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
F.MED.MAX.VOL.EXT	1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	2	14	100,0%	0	0,0%	14	100,0%
F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	2	14	100,0%	0	0,0%	14	100,0%
F.MED.MAX.VOL.FLEX	1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	2	14	100,0%	0	0,0%	14	100,0%
F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	2	14	100,0%	0	0,0%	14	100,0%

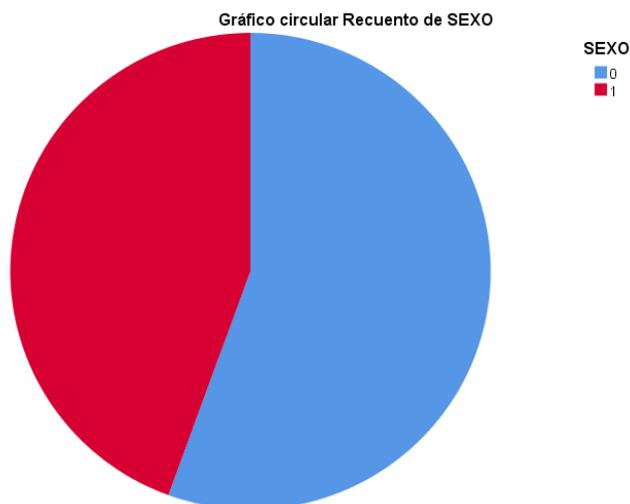
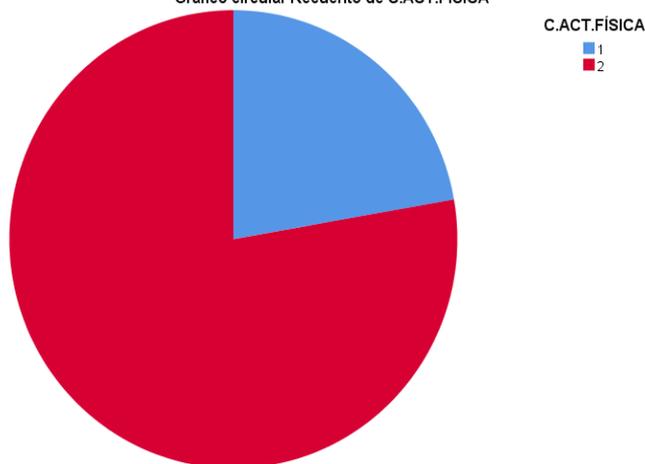


Gráfico circular Recuento de C.ACT.FÍSICA



E. Descriptivos	F.VOL.EXT	F.NO.VOL.EXT	F.VOL.FLEX	F.NO.VOL.FLEX
Media	378.9	333.1	367.9	330.6
Mediana	400	318.4	369.8	334.1
Desviación Estándar	107.7	118.4	151.4	136.3
Mínimo	152.8	147.6	117.9	107.5
Máximo	581	685.6	662.3	639.1

E.Descriptivos	F.VOL.EXT	F.NO.VOL.EXT	F.VOL.FLEX	F.NO.VOL.FLEX
Hombres				
Media	436.4	397.3	435.2	380.7
Mediana	439.2	399.2	422.4	361.1
Desviación Estándar	78.9	114.3	139.6	126.3
Mínimo	306.7	277.7	198.1	204.5
Máximo	581	685.6	662.3	639.1

E.Descriptivos	F.VOL.EXT	F.NO.VOL.EXT	F.VOL.FLEX	F.NO.VOL.FLEX
Mujeres				
Media	307.1	252.7	283.8	267.9
Mediana	305.9	253.3	267.3	254.5
Desviación Estándar	97.7	63	126.5	128.7
Mínimo	152.8	147.6	117.9	107.5
Máximo	428.8	329.4	470.6	438.1

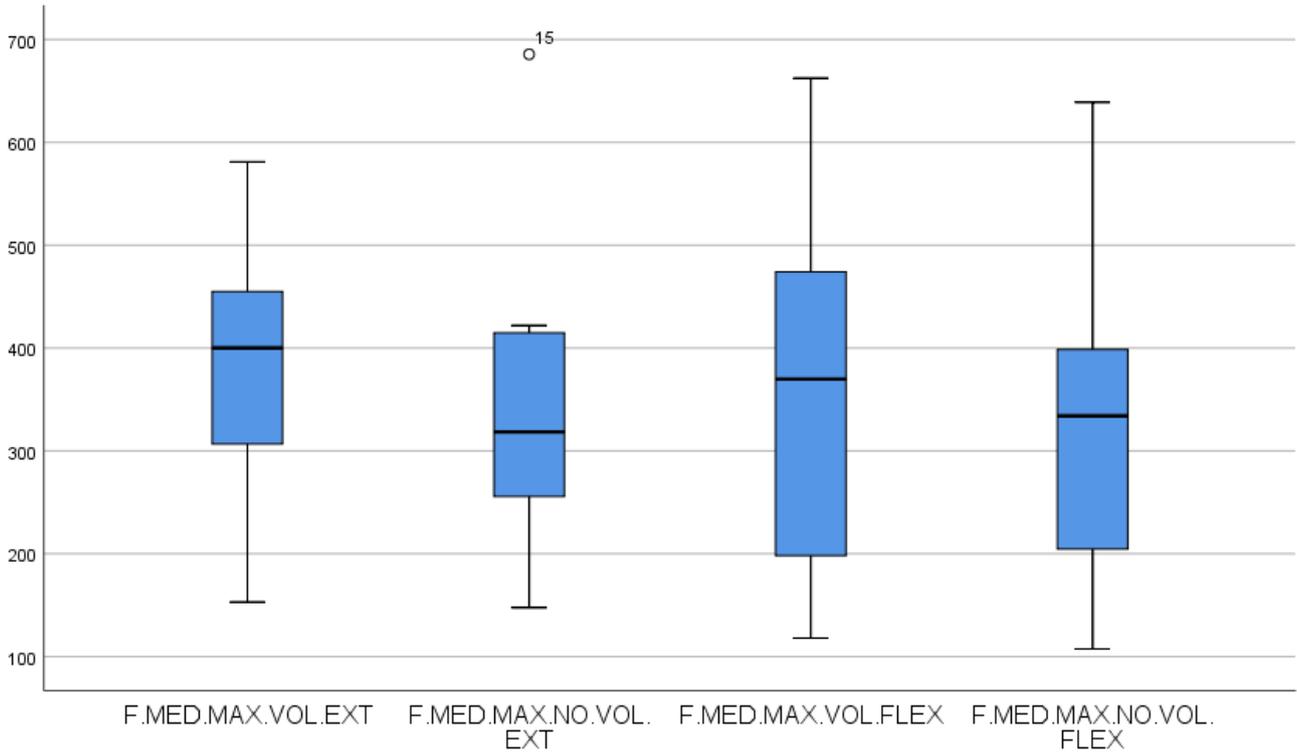
E. Descriptivos	DIF.EXT HOMBRES	DIF.FLEX.HOMBRES	DIF.EXT.MUJERES	DIF.FLEX.MUJERES
Media	39.1	54.5	54.4	15.9
Mediana	55.2	33.7	22.1	12.2
Desviación Estándar	81.2	63.2	84.7	12.9
Mínimo	-104.6	-17.5	-56.9	-2.9
Máximo	163.9	182.4	177.9	32.5

E. Descriptivos	F.VOL.EXT.MOD	F.NO.VOL.EXT.MOD	F.VOL.FLEX.MOD	F.NO.VOL.FLEX.MOD
Media	366.6	286.7	350.2	333.2
Mediana	390.2	283.2	366.1	360.8
Desviación Estándar	77.1	39.4	115.3	118.8
Mínimo	257.4	250.9	198.1	169.1
Máximo	428.8	329.4	470.6	438.1

E. Descriptivos	F.VOL.EXT.VIG	F.NO.VOL.EXT.VIG	F.VOL.FLEX.VIG	F.NO.VOL.FLEX.VIG
Media	382.5	346.3	372.9	330.1
Mediana	405.1	319.8	369.8	331.5
Desviación Estándar	117.2	130.9	163.6	145.1
Mínimo	152.8	147.6	117.9	107.5
Máximo	581.0	685.6	662.3	639.1

E. Descriptivos	DIF.EXT.MOD	DIF.FLEX.MOD	DIF.EXT.VIG	DIF.FLEX.VIG
Media	79.9	18	36.2	42.9
Mediana	70.1	21.2	34.6	26.2
Desviación Estándar	77.1	16.2	81.8	56.1
Mínimo	1.8	-2.9	-104.2	-17.5
Máximo	177.9	32.5	165	182.4

A continuación, se representa la estadística inferencial del estudio. El primer diagrama de cajas que podemos observar representa los resultados de toda la muestra en: F.MED.MAX.VOL.EXT (fuerza media máxima voluntaria extensión), F.MED.MAX.NO.VOL.EXT (fuerza media máxima no voluntaria extensión), F.MED.MAX.VOL.FLEX (fuerza media máxima voluntaria flexión) y F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX (fuerza media máxima no voluntaria flexión).



Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F.MED.MAX.VOL.EXT	,120	18	,200*	,978	18	,923
F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	,179	18	,132	,886	18	,034
F.MED.MAX.VOL.FLEX	,147	18	,200*	,964	18	,682
F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	,127	18	,200*	,962	18	,636

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Podemos observar que la fuerza media máxima en extensión de rodilla sin contracción voluntaria del abdomen presenta una distribución no normal, ya que su significación es menor a 0.05, por lo que para medir la diferencia entre fuerza en extensión con y sin contracción voluntaria del abdomen se utilizará una prueba no paramétrica de Wilcoxon.

En el caso de la fuerza media máxima de flexión de rodilla con y sin contracción voluntaria del abdomen presenta una distribución normal, por lo que se utilizará una prueba paramétrica para hallar su significación, una t student de muestras relacionadas. Además, en la fuerza en flexión utilizaremos una prueba no paramétrica, ya que, aunque la distribución de esta sea normal se trata de una muestra muy pequeña.

Estadísticos de prueba^a

	F.MED.MAX. NO.VOL.EXT - F.MED.MAX. VOL.EXT	F.MED.MAX. NO.VOL.FLEX - F.MED.MAX. VOL.FLEX
Z	-2,286 ^b	-3,245 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,022	,001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

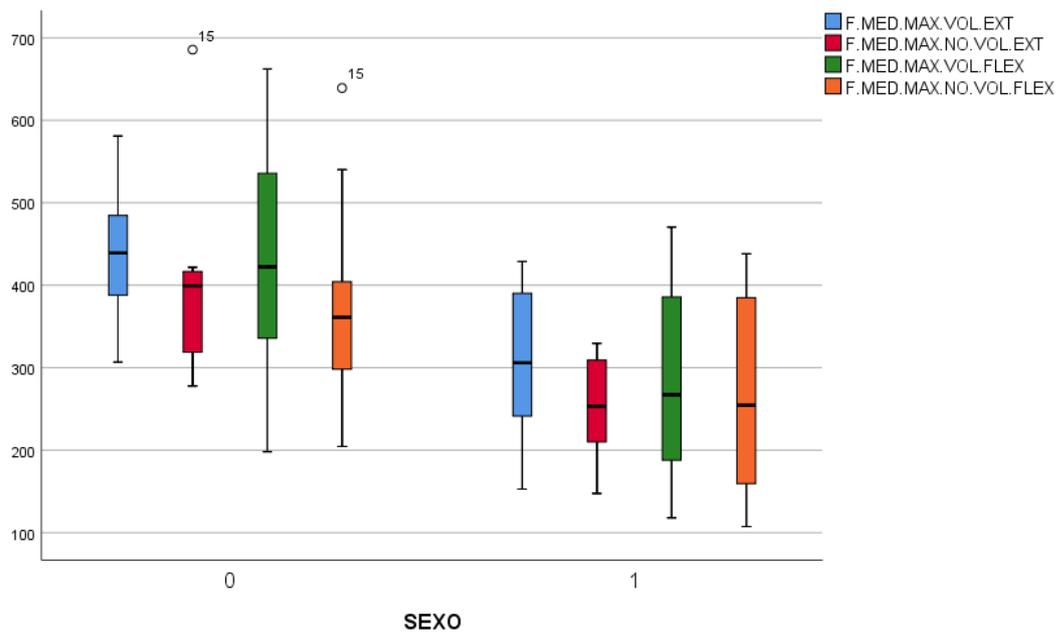
b. Se basa en rangos positivos.

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	F.MED.MAX.VOL.FLEX - F. MED.MAX.NO.VOL.FLEX	37,3278	50,6895	11,9476	12,1205	62,5351	3,124	17	,006

En vista de la significación de las variables en flexión y extensión de rodilla con contracción y sin contracción voluntaria del abdomen, al ser $p=0.001$ y $p=0.022$ menores que 0.05 podemos afirmar que existen diferencias significativas entre ellas. Dado que la media de fuerza media isométrica máxima con contracción voluntaria del abdomen es mayor tanto en flexión (363.9N/330.6N) como en extensión (378.9N/333.1N) que, sin ella, podemos afirmar que la acción de contraer voluntariamente la musculatura abdominal durante la realización de una flexo-extensión de rodilla en dinamómetro aumenta la fuerza media isométrica máxima de estas.

El siguiente diagrama de cajas representa los diferentes resultados de fuerza en los test en extensión y flexión de rodilla, con y sin contracción voluntaria del abdomen, tanto en hombres como en mujeres.



Pruebas de normalidad

	SEXO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F.MED.MAX.VOL.EXT	0	,127	10	,200*	,983	10	,980
	1	,194	8	,200*	,934	8	,554
F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	0	,315	10	,006	,776	10	,007
	1	,182	8	,200*	,945	8	,664
F.MED.MAX.VOL.FLEX	0	,178	10	,200*	,975	10	,935
	1	,251	8	,147	,920	8	,430
F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	0	,225	10	,162	,918	10	,339
	1	,238	8	,200*	,894	8	,253

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tras la prueba Shapiro-Wilk podemos observar que sólo la significación de la fuerza media en extensión de rodilla sin contracción voluntaria del abdomen en hombres presenta una distribución no normal, por lo que utilizaremos una prueba no paramétrica de Wilcoxon para analizar si existe significación entre fuerza media isométrica máxima en extensión de rodilla con contracción voluntaria del abdomen en hombres. Para el resto de las variables en hombres y mujeres utilizaremos una prueba paramétrica, una t student para muestras relacionadas. No obstante, realizaremos también una prueba de Wilcoxon al resto de variables, ya que como hemos comentado anteriormente el tamaño muestral del estudio no es lo suficientemente grande.

Prueba de Wilcoxon en hombres.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	F.MED.MAX. NO.VOL.EXT - F.MED.MAX. VOL.EXT	F.MED.MAX. NO.VOL.FLEX - F.MED.MAX. VOL.FLEX
Z	-1,376 ^c	-2,497 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,169	,013

a. SEXO = 0

b. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

c. Se basa en rangos positivos.

Prueba de Wilcoxon en mujeres.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	F.MED.MAX. NO.VOL.EXT - F.MED.MAX. VOL.EXT	F.MED.MAX. NO.VOL.FLEX - F.MED.MAX. VOL.FLEX
Z	-1,820 ^c	-2,383 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,069	,017

a. SEXO = 1

b. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

c. Se basa en rangos positivos.

Prueba t student flexión rodilla en hombres.

Prueba de muestras emparejadas^a

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
Par 1	F.MED.MAX.VOL.FLEX - F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	54,4900	63,1512	19,9702	Inferior	Superior			
					9,3144	99,6656	2,729	9	,023

a. SEXO = 0

Prueba t student flexión rodilla mujeres.

Prueba de muestras emparejadas^a

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
Par 1	F.MED.MAX.VOL.FLEX - F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	15,8750	12,8753	4,5521	Inferior	Superior			
					5,1110	26,6390	3,487	7	,010

a. SEXO = 1

Prueba t student extensión rodilla mujeres.

Prueba de muestras emparejadas^a

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	F.MED.MAX.VOL.EXT - F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	54,3500	84,7307	29,9568	-16,4866	125,1866	1,814	7	,113

a. SEXO = 1

Tras observar los resultados de significación tanto de la prueba de Wilcoxon como de la t student de muestras relacionadas, podemos afirmar que sólo existen cambios significativos en la fuerza media isométrica máxima de la flexión de rodilla tanto para hombres ($p=0.013$) como para mujeres ($p=0.017$). Al analizar las medias de estas podemos afirmar que se observa un aumento en la fuerza media isométrica máxima en flexión de rodilla con contracción voluntaria del abdomen, hombres (435.2N) y mujeres (283.8N), respecto a la fuerza media isométrica máxima en flexión de rodilla sin contracción voluntaria del abdomen, hombres (380.7N) y mujeres (267.9N).

A continuación, realizamos las pruebas de normalidad tanto para el grupo de hombres como de mujeres en las variables de DIFERENCIA_EXT (diferencia entre extensión de rodilla con contracción voluntaria de la musculatura abdominal y sin ella) y DIFERENCIA_FLEX (diferencia entre flexión de rodilla con contracción voluntaria de la musculatura abdominal y sin ella).

Pruebas de normalidad^a

	SEXO	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA_EXT	0	,150	10	,200*	,942	10	,581
DIFERENCIA_FLEX	0	,279	10	,026	,886	10	,154

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. SEXO = 0

b. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad^a

	SEXO	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA_EXT	1	,219	8	,200*	,903	8	,307
DIFERENCIA_FLEX	1	,221	8	,200*	,912	8	,368

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. SEXO = 1

b. Corrección de significación de Lilliefors

Se puede observar que todas las variables presentan una distribución normal, por lo que llevaremos a cabo una t student para muestras independientes para hallar si existen diferencias significativas entre los grupos de hombres y mujeres. Además, debido a que el estudio piloto consta de una muestra pequeña realizaremos una prueba no paramétrica, una U de Mann-Whitney.

Previamente a la t student de muestras independientes, debemos observar si existe o no homogeneidad de varianzas. Para ello realizaremos el estadístico de Levene, observando que tanto para la diferencia de extensión de rodilla como para la diferencia de flexión de rodilla las varianzas son homogéneas.

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene		Sig.
		gl1	gl2	
DIFERENCIA_EXT	Se basa en la media	,202	1	,659
	Se basa en la mediana	,055	1	,818
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,055	1	15,904
	Se basa en la media recortada	,200	1	,660
DIFERENCIA_FLEX	Se basa en la media	9,127	1	,008
	Se basa en la mediana	3,901	1	,066
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,901	1	9,392
	Se basa en la media recortada	7,680	1	,014

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
DIFERENCIA_EXT	Se asumen varianzas iguales	,202	,659	-,388	16	,703	-15,2400	39,2674	-98,4831	68,003
	No se asumen varianzas iguales			-,386	14,839	,705	-15,2400	39,4631	-99,4330	68,953
DIFERENCIA_FLEX	Se asumen varianzas iguales	9,127	,008	1,692	16	,110	38,6150	22,8267	-9,7755	87,005
	No se asumen varianzas iguales			1,885	9,925	,089	38,6150	20,4824	-7,0694	84,299

Estadísticos de prueba^a

	DIFERENCIA_EXT	DIFERENCIA_FLEX
U de Mann-Whitney	40,000	25,000
W de Wilcoxon	76,000	61,000
Z	,000	-1,333
Sig. asintótica(bilateral)	1,000	,182
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	1,000 ^b	,203 ^b

a. Variable de agrupación: SEXO

b. No corregido para empates.

Podemos observar que tanto en la prueba t student para muestras independientes como en la prueba U de Mann-Whitney la significación (BL) y la significación asintótica (BL) son mayores a 0.05, por lo que no podemos afirmar que existan diferencias entre los cambios de fuerza media isométrica máxima de flexo-extensión de rodilla entre hombres y mujeres.

Pruebas de normalidad^a

	C.ACT.FÍSICA	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F.MED.MAX.VOL.EXT	1	,259	4	.	,876	4	,321
F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	1	,285	4	.	,857	4	,248
F.MED.MAX.VOL.FLEX	1	,202	4	.	,974	4	,868
F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	1	,219	4	.	,921	4	,545

a. C.ACT.FÍSICA = 1

b. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad^a

	C.ACT.FÍSICA	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F.MED.MAX.VOL.EXT	2	,132	14	,200 [*]	,978	14	,960
F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	2	,211	14	,093	,903	14	,125
F.MED.MAX.VOL.FLEX	2	,143	14	,200 [*]	,962	14	,754
F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	2	,161	14	,200 [*]	,956	14	,663

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. C.ACT.FÍSICA = 2

b. Corrección de significación de Lilliefors

Podemos observar con la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk que todas las variables del grupo moderado (1) del IPAQ y del grupo vigoroso (2) presentan distribuciones normales, por lo que analizaremos si tienen resultados significativos entre ellos mediante una t student de muestras relacionadas. Además, debido al reducido tamaño muestral realizaremos una prueba no paramétrica, mediante una prueba de Wilcoxon.

Prueba de muestras emparejadas^a

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	F.MED.MAX.VOL.EXT - F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	79,9500	77,0840	38,5420	-42,7079	202,6079	2,074	3	,130
Par 2	F.MED.MAX.VOL.FLEX - F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	18,0000	16,2195	8,1098	-7,8089	43,8089	2,220	3	,113

a. C.ACT.FÍSICA = 1

Prueba de muestras emparejadas^a

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	F.MED.MAX.VOL.EXT - F.MED.MAX.NO.VOL.EXT	36,1500	81,7529	21,8494	-11,0527	83,3527	1,655	13	,122
Par 2	F.MED.MAX.VOL.FLEX - F.MED.MAX.NO.VOL.FLEX	42,8500	56,1385	15,0036	10,4366	75,2634	2,856	13	,014

a. C.ACT.FÍSICA = 2

Estadísticos de prueba^{a,b}

	F.MED.MAX. NO.VOL.EXT - F.MED.MAX. VOL.EXT	F.MED.MAX. NO.VOL.FLEX - F.MED.MAX. VOL.FLEX
Z	-1,826 ^c	-1,461 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,068	,144

a. C.ACT.FÍSICA = 1

b. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

c. Se basa en rangos positivos.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	F.MED.MAX. NO.VOL.EXT - F.MED.MAX. VOL.EXT	F.MED.MAX. NO.VOL.FLEX - F.MED.MAX. VOL.FLEX
Z	-1,664 ^c	-2,856 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,096	,004

a. C.ACT.FÍSICA = 2

b. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

c. Se basa en rangos positivos.

Podemos observar que las únicas variables que muestran tener resultados significativos tanto con la t student como con la prueba de Wilcoxon es la diferencia en fuerza media isométrica máxima de flexión de rodilla con y sin contracción del abdomen en el grupo de resultado alto en el IPAQ, y al comparar las medias entre estas dos variables nos encontramos que la variable de flexión de rodilla con contracción voluntaria del abdomen 372.9N de media es notablemente más alta que la variable de flexión de rodilla sin contracción voluntaria del abdomen, la cual tiene una media de 330.1N. Por lo tanto se afirma que la contracción voluntaria del abdomen proporciona un incremento de la posterior fuerza media isométrica máxima en flexión de rodilla para el grupo vigoroso del IPAQ.

Pruebas de normalidad^a

	C.ACT.FÍSICA	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA_EXT	1	,202	4	.	,968	4	,829
DIFERENCIA_FLEX	1	,251	4	.	,919	4	,529

a. C.ACT.FÍSICA = 1

b. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad^a

	C.ACT.FÍSICA	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA_EXT	2	,122	14	,200*	,964	14	,781
DIFERENCIA_FLEX	2	,292	14	,002	,819	14	,009

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. C.ACT.FÍSICA = 2

b. Corrección de significación de Lilliefors

Al observar los datos de normalidad con la prueba Shapiro-Wilk de las diferencias de extensión y flexión en los grupos del IPAQ moderado y vigoroso, vemos que las diferencias de extensión de ambos grupos presentan una distribución normal por lo que realizaremos una prueba paramétrica de t student de muestras independientes para hallar la posible significación entre estas variables. Debido a que la variable de diferencia en flexión del grupo vigoroso presenta una distribución no normal de las variables de flexión de los dos grupos se compararán mediante una prueba no paramétrica, realizaremos una U de Mann-Whitney. También realizaremos una prueba U de Mann-Whitney a las variables de diferencia de extensión de ambos grupos por el tamaño muestral reducido del estudio.

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
DIFERENCIA_EXT	Se basa en la media	,032	1	16	,861
	Se basa en la mediana	,031	1	16	,862
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,031	1	15,547	,862
	Se basa en la media recortada	,032	1	16	,861

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
DIFERENCIA_EXT	Se asumen varianzas iguales	,032	,861	,955	16	,354	43,8000	45,8649	-53,4292	141,0292
	No se asumen varianzas iguales			,989	5,116	,367	43,8000	44,3044	-69,3149	156,9149

Estadísticos de prueba^a

	DIFERENCIA_EXT	DIFERENCIA_FLEX
U de Mann-Whitney	20,000	24,500
W de Wilcoxon	125,000	34,500
Z	-,850	-,372
Sig. asintótica(bilateral)	,396	,710
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,442 ^b	,721 ^b

a. Variable de agrupación: C.ACT.FÍSICA

b. No corregido para empates.

Al analizar tanto el resultado de significación (BL) de la t student para muestras independientes como la significación asintótica (BL) de la prueba U de Mann-Whitney podemos afirmar que no existen diferencias significativas entre los grupos moderado y vigoroso del IPAQ a la hora de generar cambios en la fuerza media isométrica máxima de flexo-extensión de rodilla tras contraer voluntariamente o no la musculatura abdominal, ya que todos los resultados presentan una significación superior a 0.05.

DISCUSIÓN.

En el presente estudio piloto se ha podido observar que se produce un aumento de fuerza isométrica máxima en flexo-extensión de rodilla cuando los sujetos realizaban una contracción voluntaria previa de la musculatura abdominal, a diferencia de los resultados del estudio de Tayashiki et al.(3) en el cual se demostraba que un entrenamiento de la musculatura abdominal sólo generaba cambios en la fuerza de levantamiento, tronco y cadera, pero no en la flexo-extensión de rodilla. Esto puede ser debido a que en el artículo de Tayashiki et al.(3) medían el impacto del entrenamiento de la musculatura abdominal en la posterior medición de fuerza en flexo-extensión de rodilla, no en cambio si los sujetos del estudio debían de realizar una maniobra de bracing o contracción voluntaria de la musculatura abdominal durante la flexo-extensión de rodilla o no.

Una de las posibles causas de este aumento de fuerza isométrica máxima en flexión y extensión de rodilla puede explicarse mediante un enfoque biomecánico como el que aparece en el artículo de Haddas et al.(2) en el cual se hace referencia a la estabilización lumbo-pélvica que aporta realizar un bracing abdominal para permitir tener una base de sustentación más estable desde la cual ejercer fuerza tanto en flexión como en extensión de rodilla. En el artículo de Chan et al.(6) mencionan que la maniobra de bracing abdominal genera una disminución de la hiperextensión lumbar y de la anteversión pélvica excesiva, esta reducción de movimiento innecesarios de la región lumbo-pélvica mediante la contracción de la musculatura abdominal podrían disminuir la pérdida de fuerza a lo largo de la cadena cinética.

Artículos como el de Haddas et al.(2) y Tsang et al.(7) hacen referencia al papel de la presión intraabdominal como uno de los factores más importantes a la hora de cuantificar y buscar explicación al aumento de la fuerza en miembros inferiores tras la contracción del abdomen. Este aumento de presión intraabdominal podría tener un importante rol a la hora de estabilizar la columna lumbar en movimientos rápidos. Hyeung-Jin Lee et al.(15) destacan la importancia de la musculatura abdominal a la hora de estabilizar el complejo lumbo-pélvico y permitir una transmisión de fuerzas más eficientes a los miembros inferiores. Al igual que en el estudio anterior, a través del presente estudio piloto se puede poner en relevancia que el fortalecimiento y la coordinación de sollicitación de la

musculatura abdominal ayuda a la hora de incrementar la fuerza en la flexo-extensión de rodilla en sedestación, esto podría abrir una línea de investigación en el futuro para estudiar la posible mejora de rendimiento en deportes que se practiquen en sedestación, como: ciclismo, equitación, motociclismo...

No obstante, los resultados del fortalecimiento de la musculatura abdominal en cuanto al rendimiento deportivo en deportes que se practiquen en bipedestación todavía están en entredicho, mediante el actual estudio piloto no podemos afirmar que el fortalecimiento de la musculatura abdominal genere cambios en la fuerza de flexo-extensión de rodilla ya que en dicho estudio piloto las mediciones fueron realizadas en sedestación. Aun así, artículos como el de Biabanimoghadam et al.(9) sugieren que el fortalecimiento de la musculatura abdominal puede ser interesante tanto en la prevención como en la rehabilitación del síndrome de dolor femoropatelar. Así como en lesiones de miembros inferiores que demanden de un reposo o bajada abrupta de cargas (como fracturas, LCA...) siempre es interesante fortalecer y trabajar el core (musculatura abdominal, glúteos...) para después tener una base sólida y estable sobre la que ir progresando y aumentando las cargas en los miembros inferiores.

Otro campo en el que podrían ser interesantes los hallazgos de este estudio es el campo de la investigación, sobre todo en el de la investigación biomecánica de miembros inferiores mediante dinamómetro isocinético. Debido a los resultados del presente estudio piloto, sería interesante incluir si debe existir o no una contracción voluntaria de la musculatura abdominal durante la realización de una prueba en el dinamómetro y añadirlo de esta manera a futuros protocolos, ya que en este estudio se demuestra que la presencia o ausencia de esta podría generar cambios en la posterior fuerza media isométrica máxima en flexión y extensión de rodilla. Mediante esta aclaración podríamos facilitar la reproducibilidad de los estudios y aumentar la fiabilidad de los datos en las investigaciones.

En cuanto a si el género de los sujetos influía en la diferencia de fuerza media isométrica máxima de flexo-extensión de rodilla con y sin contracción de la musculatura abdominal podemos observar que no existen diferencias significativas en la extensión de rodilla, pero sí en cambio en la flexión de rodilla tanto para hombres como para mujeres. Esta falta de significación en extensión de rodilla tanto para hombres como para mujeres es debido en

primer lugar al tamaño muestral, ya que en conjunto la muestra total sí presenta resultados significativos tanto en flexión como en extensión de rodilla. En segundo lugar, es probable que la significación sea mayor en flexión de rodilla por la mayor necesidad de estabilización mediante la contracción de la musculatura abdominal, ya que, al realizarse el protocolo de estudio sin ninguna sujeción adicional y el material de la silla del dinamómetro, en algunos sujetos se producía deslizamiento durante dicho test pudiendo provocar alteraciones en la fuerza durante este.

En cuanto al objetivo adicional de observar si existen diferencias significativas a la hora de generar cambios en la fuerza isométrica de flexo-extensión de rodilla con y sin contracción voluntaria de la musculatura abdominal entre hombres y mujeres, no se hallaron diferencias significativas en las diferencias de fuerza en flexo-extensión de rodilla con contracción y sin contracción de la musculatura abdominal, esto coincide con los resultados del artículo de Chan et al.(6) en el cual no se halló una correlación significativa entre los cambios de actividad muscular durante las pruebas de su estudio y el género de los sujetos de la muestra. Esto es debido probablemente al hecho de que, aunque los hombres demostraron tener unos resultados de fuerza media isométrica máxima más altos que las mujeres, las diferencias entre las mediciones con y sin contracción de la musculatura abdominal son similares entre ambos grupos. Por lo que se podría decir que la estabilización otorgada por la contracción voluntaria de la musculatura abdominal es independiente del género de los sujetos del estudio.

En lo referente a si los resultados del cuestionario internacional de la actividad física de los sujetos influían en la diferencia de fuerza media isométrica máxima de flexo-extensión de rodilla con y sin contracción de la musculatura abdominal podemos observar que no existen diferencias significativas en la extensión de rodilla, pero sí en cambio en la flexión de rodilla para el grupo de actividad física alta en el cuestionario. La explicación que se le podría encontrar a la falta de significación en extensión de rodilla tanto para el grupo alto como moderado es en primer lugar el tamaño muestral, ya que en conjunto la muestra total si presenta resultados significativos tanto en flexión como en extensión de rodilla. En segundo lugar, es probable que la significación sea mayor en flexión de rodilla para el grupo alto (14 sujetos) por la mayor cantidad de sujetos frente al grupo moderado (4 sujetos).

El objetivo adicional de observar si existen diferencias significativas a la hora de generar cambios en la fuerza isométrica de flexo-extensión de rodilla con y sin contracción voluntaria de la musculatura abdominal entre el grupo de actividad física alta y el de actividad física moderada, no se hallaron diferencias significativas en las diferencias de fuerza en flexo-extensión de rodilla con contracción y sin contracción de la musculatura abdominal. Por lo que se podría decir que la estabilización otorgada por la contracción voluntaria de la musculatura abdominal es independiente del nivel de actividad física que presenten los sujetos del estudio. En cambio, en el artículo de Chan et al.(6) se encontró una correlación significativa entre el nivel de actividad física de los sujetos del estudio y una mayor activación del glúteo medio y la parte superior del glúteo mayor durante la realización del estudio. Esto es debido probablemente al hecho de que, en el estudio de Chan et al.(6) (al contrario que en el presente estudio) los sujetos no se encontraban la mayoría entre los grupos de actividad vigorosa y moderada, sino que también disponían de sujetos más sedentarios entre los cuales si pudiera haber diferencias a la hora de generar dicha activación muscular.

LIMITACIONES ESTUDIO.

Las limitaciones del estudio son:

- Debido a la pandemia generada por el Covid-19, el tiempo para realizar las mediciones del estudio se redujo notablemente, así como el acceso a la muestra se limitó debido a las restricciones de movilidad y de medidas de distanciamiento. No solo era reducido el período de tiempo para realizar las mediciones sino también el tiempo del protocolo.
- La reducida muestra final del estudio es otra de las limitaciones ya que impide que los resultados sean significativos o extrapolables a la población en general.
- El tiempo limitado generó la necesidad de compartir muestras con otros estudios realizados por estudiantes del máster.

CONCLUSIÓN.

Las conclusiones del estudio son:

- **Objetivo:** Valorar los efectos de una contracción previa de la musculatura proximal (musculatura abdominal) en la posterior contracción de flexión y extensión de la musculatura distal (flexo-extensores de rodilla).

- **Conclusión:** Una contracción previa de la musculatura proximal (musculatura abdominal) demuestra tener efectos significativos en la posterior contracción de flexión y extensión de la musculatura distal (flexores y extensores de rodilla).

- **Objetivo:** Valorar el aumento de fuerza media isométrica máxima en extensión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

- **Conclusión:** Una contracción previa de la musculatura proximal (musculatura abdominal) demuestra generar un aumento de fuerza media isométrica máxima en extensión de rodilla.

- **Objetivo:** Valorar el aumento de fuerza media isométrica máxima en flexión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

- **Conclusión:** Una contracción previa de la musculatura proximal (musculatura abdominal) demuestra generar un aumento de fuerza media isométrica máxima en flexión de rodilla.

- **Objetivo:** Observar si el género de los sujetos tiene alguna relación con la media de fuerza isométrica máxima de los sujetos en extensión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

- **Conclusión:** No existen cambios significativos tanto para mujeres como para hombres en la fuerza media isométrica máxima de extensión de rodilla tras una previa contracción de la musculatura abdominal.

- Objetivo: Observar si el género de los sujetos tiene alguna relación con la media de fuerza isométrica máxima de los sujetos en flexión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

- Conclusión: Sí existen cambios significativos tanto para mujeres como para hombres en la fuerza media isométrica máxima de flexión de rodilla tras una previa contracción de la musculatura abdominal.

- Objetivo: Relacionar la actividad física que realizan los sujetos, medida mediante el IPAQ (Cuestionario Internacional de Actividad Física), con la media de fuerza isométrica máxima ejercida por los sujetos en la extensión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs. (Anexo 1).

- Conclusión: No existen cambios significativos tanto para el grupo de actividad física moderada como vigorosa en la fuerza media isométrica máxima de extensión de rodilla tras una previa contracción de la musculatura abdominal.

- Objetivo: Relacionar la actividad física que realizan los sujetos, medida mediante el IPAQ (Cuestionario Internacional de Actividad Física), con la media de fuerza isométrica máxima ejercida por los sujetos en la flexión de rodilla durante la contracción de la musculatura abdominal confirmada por EMGs.

- Conclusión: Sí existen cambios significativos en el grupo de actividad física vigorosa en la fuerza media isométrica máxima de flexión de rodilla tras una previa contracción de la musculatura abdominal, no así en el grupo de actividad física moderada.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Emami M, Mohseni Bandpei MA, Rahmani N, Biglarian A, Taghipour M. Association between trunk muscles characteristics with lower limb injuries: A systematic review. *Phys Ther Sport*. Julio de 2018;32:301-7.
2. Haddas R, Sawyer SF, Sizer PS, Brooks T, Chyu M-C, James CR. Effects of Volitional Spine Stabilization and Lower Extremity Fatigue on Trunk Control During Landing in Individuals With Recurrent Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. Febrero de 2016;46(2):71-8.
3. Tayashiki K, Maeo S, Usui S, Miyamoto N, Kanehisa H. Effect of abdominal bracing training on strength and power of trunk and lower limb muscles. *Eur J Appl Physiol*. Septiembre de 2016;116(9):1703-13.
4. Linde LD, Archibald J, Lampert EC, Srbely JZ. The Effect of Abdominal Muscle Activation Techniques on Trunk and Lower Limb Mechanics During the Single-Leg Squat Task in Females. *J Sport Rehabil*. 1 de septiembre de 2018;27(5):438-44.
5. O'Connor S, McCaffrey N, Whyte EF, Moran KA. Can a Standardized Visual Assessment of Squatting Technique and Core Stability Predict Injury?: *J Strength Cond Res*. Enero de 2020;34(1):26-36.
6. Chan MK, Chow KW, Lai AY, Mak NK, Sze JC, Tsang SM. The effects of therapeutic hip exercise with abdominal core activation on recruitment of the hip muscles. *BMC Musculoskelet Disord*. Diciembre de 2017;18(1):313.
7. Tsang SMH, Lam AHM, Ng MHL, Ng KWK, Tsui COH, Yiu B. Abdominal muscle recruitment and its effect on the activity level of the hip and posterior thigh muscles during therapeutic exercises of the hip joint. *J Electromyogr Kinesiol*. Octubre de 2018;42:10-9.
8. Kuszewski MT, Gnat R, Gogola A. The impact of core muscles training on the range of anterior pelvic tilt in subjects with increased stiffness of the hamstrings. *Hum Mov Sci*. Febrero de 2018;57:32-9.
9. Biabanimoghadam M, Motealleh A, Cowan SM. Core muscle recruitment pattern during voluntary heel raises is different between patients with patellofemoral pain and healthy individuals. *The Knee*. Junio de 2016;23(3):382-6.
10. Hides JA, Stanton WR. Predicting football injuries using size and ratio of the multifidus and quadratus lumborum muscles. *Scand J Med Sci Sports*. Abril de 2017;27(4):440-7.
11. Cowan SM, Crossley KM, Bennell KL. Altered hip and trunk muscle function in individuals with patellofemoral pain. *Br J Sports Med*. 1 de agosto de 2009;43(8):584-8.
12. Schuermans J, Danneels L, Van Tiggelen D, Palmans T, Witvrouw E. Proximal Neuromuscular Control Protects Against Hamstring Injuries in Male Soccer Players:

- A Prospective Study With Electromyography Time-Series Analysis During Maximal Sprinting. *Am J Sports Med.* Mayo de 2017;45(6):1315-25.
13. Kim M, Kim Y, Oh S, Suh D, Eun S-D, Yoon B. Abdominal hollowing and bracing strategies increase joint stability in the trunk region during sudden support surface translation but not in the lower extremities. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 27 de abril de 2016;29(2):317-25.
 14. Prieske O, Muehlbauer T, Granacher U. The Role of Trunk Muscle Strength for Physical Fitness and Athletic Performance in Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* Marzo de 2016;46(3):401-19.
 15. Lee H-J, Lee K-W, Lee Y-W, Kim H-J. Correlation between Cycling Power and Muscle Thickness in Cyclists: Correlation between Cycling Power and Muscle Thickness. *Clin Anat.* Septiembre de 2018;31(6):899-906.
 16. Nadler SF, Malanga GA, Bartoli LA, Feinberg JH, Prybicien M, Deprince M. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc.* Enero de 2002;34(1):9-16.
 17. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International Physical Activity Questionnaire: 12-Country Reliability and Validity. *Med Sci Sports Exerc.* Agosto de 2003;35(8):1381-95.
 18. De Blaiser C, De Ridder R, Willems T, Danneels L, Vanden Bossche L, Palmans T, et al. Evaluating abdominal core muscle fatigue: Assessment of the validity and reliability of the prone bridging test. *Scand J Med Sci Sports.* Febrero de 2018;28(2):391-9.
 19. Atkins SJ, Bentley I, Brooks D, Burrows MP, Hurst HT, Sinclair JK. Electromyographic Response of Global Abdominal Stabilizers in Response to Stable- and Unstable-Base Isometric Exercise. *J Strength Cond Res.* Junio de 2015;29(6):1609-15.
 20. Bolgla LA, Cruz MF, Roberts LH, Buice AM. Relative electromyographic activity in trunk, hip, and knee muscles during unilateral weight bearing exercises: Implications for rehabilitation. 13 de enero de 2016;10.
 21. Mau-Moeller A, Gube M, Felser S, Feldhege F, Weippert M, Husmann F, et al. Intrarater Reliability of Muscle Strength and Hamstring to Quadriceps Strength Imbalance Ratios During Concentric, Isometric, and Eccentric Maximal Voluntary Contractions Using the Isoforce Dynamometer. *Clin J Sport Med.* Enero de 2019;29(1):69-77.

ANEXOS.

ANEXO 1. CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (agosto de 2002)

FORMATO CORTO – ÚLTIMOS 7 DIAS

Para uso con jóvenes y adultos de mediana edad (15-69 años)

Los Cuestionarios Internacionales de Actividad Física (IPAQ, por sus siglas en inglés) contienen un grupo de 4 cuestionarios. La versión larga (5 objetivos de actividad evaluados

independientemente) y una versión corta (4 preguntas generales) están disponibles para usar por los métodos por teléfono o auto administrada. El propósito de los cuestionarios es

proveer instrumentos comunes que pueden ser usados para obtener datos internacionalmente comparables relacionados con actividad física relacionada con salud.

Antecedentes del IPAQ

El desarrollo de una medida internacional para actividad física comenzó en Ginebra en 1998

y fue seguida de un extensivo examen de confiabilidad y validez hecho en 12 países (14 sitios) en el año 2000. Los resultados finales sugieren que estas medidas tienen aceptables propiedades de medición para usarse en diferentes lugares y en diferentes idiomas, y que son apropiadas para estudios nacionales poblacionales de prevalencia de participación en actividad física.

Uso del IPAQ

Se recomienda el uso de los instrumentos IPAQ con propósitos de monitoreo e investigación. Se recomienda que no se hagan cambios en el orden o redacción de las preguntas ya que esto afectará las propiedades sicométricas de los instrumentos.

Traducción del Inglés y Adaptación Cultural

Traducción del Inglés es sugerida para facilitar el uso mundial del IPAQ. Información acerca

de la disponibilidad del IPAQ en diferentes idiomas puede ser obtenida en la página de internet www.ipaq.ki.se. Si se realiza una nueva traducción recomendamos encarecidamente usar los métodos de traducción nuevamente al Inglés disponibles en la página web de IPAQ. En lo posible por favor considere poner a disposición de otros su versión traducida en la página web de IPAQ. Otros detalles acerca de traducciones y adaptación cultural pueden ser obtenidos en la página web.

Entrada y Codificación de Datos

Junto con las categorías de respuesta a cada pregunta se sugieren nombres de las variables y rangos válidos para ayudar en el manejo de datos y el entrenamiento de entrevistadores. Recomendados que cada respuesta dada por la persona entrevistada sea anotada. Por ejemplo, “120 minutos” se anotarán el espacio correspondiente a minutos. “Dos horas” deberá anotarse como “2” en la columna de horas. Una respuesta de “una hora y media” deberá ser registrada como “1” hora en la columna de horas y “30” minutos en la columna de minutos.

Otros Desarrollos de IPAQ

Colaboración Internacional relacionada con IPAQ es continua y un *Estudio Internacional de Prevalencia de Actividad Física* se encuentra en progreso. Para más información consulte la página web de IPAQ.

IPAQ CORTO ÚLTIMOS 7 DÍAS

LEA: Ahora le voy a preguntar acerca del tiempo que usted fue físicamente activo(a) en los últimos 7 días. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Piense acerca de las actividades que usted hace en su trabajo, como parte del trabajo en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte.

LEA: Ahora, piense acerca de todas las actividades vigorosas que requieren un esfuerzo físico fuerte que Usted hizo en los últimos 7 días. Actividades vigorosas son las que hacen respirar mucho más fuerte que lo normal y pueden incluir el levantamiento de objetos pesados, excavar, aeróbicos, o pedalear rápido en bicicleta. Piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

1. Durante los últimos 7 días ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas vigorosas?

_____ Días por semana [VDAY; Rango: 0-7, 8,9]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

[**Clarificación por parte del entrevistador:** Piense solamente en esas actividades físicas que usted hace por lo menos 10 minutos continuos]

[**Nota para el entrevistador:** Si la persona entrevistada responde cero, rehúsa o no sabe, pase a la pregunta 3]

2. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le toma realizar actividades físicas vigorosas en los días que las realiza?

__ __ Horas por día [VDHRS; Rango: 0-16]

__ __ __ Minutos por día [VDMIN; Rango: 0-960, 998, 999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

[**Clarificación por parte del entrevistador:** Piense solamente en esas actividades físicas que usted hace por lo menos 10 minutos continuos]

[**Nota para el entrevistador:** Se está buscando un tiempo promedio por día. Si la persona entrevistada no puede contestar porque la cantidad de tiempo varía día a día, pregunte: “¿Cuánto tiempo en total le dedicó usted en los últimos 7 días a actividades físicas vigorosas?”]

__ __ Horas por semana [VWHRS; Rango: 0-112]

__ __ __ Minutos por semana [VWMIN; Rango: 0-6720, 9998, 9999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

LEA: Ahora piense en actividades que requieren esfuerzo físico moderado y que Usted hizo en los últimos 7 días. Actividades físicas moderadas son las que hacen respirar algo más fuerte que lo normal e incluyen cargar cosas ligeras, montar en bicicleta a paso regular, o juego de dobles en tenis. No incluya caminar. Otra vez piense únicamente en aquellas actividades físicas que Usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

3. Durante **los últimos 7 días**, cuántos días hizo Usted actividades físicas **moderadas**?

___ Días por semana [MDAY; Rango: 0-7, 8, 9]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

[**Clarificación por parte del entrevistador:** Piense solamente en esas actividades físicas que usted hace por lo menos 10 minutos continuos]

[**Nota para el entrevistador:** Si la persona entrevistada responde cero, rehúsa o no sabe, pase a la pregunta 5]

4. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le dedicó en uno de esos días que hizo actividades físicas **moderadas**?

___ Horas por día [MDHRS; Rango: 0-16]

___ Minutos por día [MDMIN; Rango: 0-960, 998, 999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

actividades físicas que usted hace por lo menos 10 minutos continuos]

[**Nota para el entrevistador:** Se necesita un promedio de tiempo al día de uno de los días en los cuales Usted hizo actividad física moderada. Si la persona entrevistada no puede contestar porque la cantidad de tiempo varia día a día, o incluye tiempo dedicado en diferentes trabajos, pregunte:

¿Cuánto tiempo en total le dedicó Usted en **los últimos 7 días** a hacer actividades físicas moderadas?"

___ Horas por semana [MWHRS; Rango: 0-112]

___ Minutos por semana [MWMIN; Rango: 0-6720, 9998, 9999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar`

LEA: Ahora piense en el tiempo que Usted le dedicó a caminar en los últimos 7 días. Esto incluye caminar en el trabajo y en la casa, caminar para ir de un sitio a otro, y cualquier otra caminata que Usted haya hecho meramente por recreación, deporte, ejercicio o placer.

5. ¿Durante los **últimos 7 días**, cuántos días **caminó** usted por lo menos 10 minutos seguidos?

___ Días por semana [WDAY; Rango: 0-7, 8, 9]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

[**Clarificación por parte del entrevistador:** Piense solamente acerca de la caminata que Usted da por lo menos por 10 minutos seguidos.]

[**Nota para el entrevistador:** Si la persona entrevistada responde cero, rehúsa o no sabe, pase a la pregunta 7]

6. ¿Cuánto tiempo en total pasó generalmente **caminado** en uno de esos días?

___ Horas por día [WDHRS; Rango: 0-16]

___ Minutos por día [WDMIN; Rango: 0-960, 998, 999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

[**Nota para el entrevistador:** Se necesita un promedio de tiempo de los días en los cuales Usted camina. Si la persona entrevistada no puede contestar porque la cantidad de tiempo varía mucho día a día, pregunte: ¿Cuál es la

cantidad total de tiempo que Usted pasó caminando en los **últimos 7 días?**"

__ __ __ Horas por semana [WWHRS; Rango: 0-112]

__ __ __ Minutos por semana [WWMIN; Rango: 0-6720, 9998, 9999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

LEA: Ahora piense acerca del tiempo que Usted pasó sentado(a) en la semana durante los últimos 7 días. Incluya el tiempo en el trabajo, en la casa, estudiando y durante el tiempo de descanso. Esto puede incluir tiempo que pasó sentado(a) en un escritorio, visitando amistades, leyendo, sentado(a) o acostado(a) viendo televisión.

7. Durante los últimos 7 días, ¿Cuánto tiempo en total usted usualmente pasó *sentado* durante un **día en la semana?**

__ __ Horas por semana [SDHRS; 0-16]

__ __ __ Minutos por semana [SDMIN; Rango: 0-960, 998, 999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

[**Clarificación por parte del entrevistador:** Incluya el tiempo que pasó acostado (despierto) así como sentado]

[**Nota para el entrevistador:** Se necesita un promedio de tiempo al día. Si la persona entrevistada no puede contestar porque la cantidad de tiempo varía día a día, pregunte: "Cuál fue la cantidad total de tiempo que usted pasó *sentado(a)* el **miércoles** pasado?"

__ __ Horas el miércoles [SWHRS; Rango 0-16]

__ __ __ Minutos el miércoles [SWMIN; Rango: 0-960, 998, 999]

No sabe /no está seguro(a)

Rehúsa contestar

VALOR DEL TEST:

- Caminatas: 3'3 MET x minutos de caminata x días por semana (Ej. 3'3 x 30 minutos x 5 días = 495 MET)
- Actividad Física Moderada: 4 MET x minutos x días por semana
- Actividad Física Vigorosa: 8 MET x minutos x días por semana

A continuación, sume los tres valores obtenidos:

Total = caminata + actividad física moderada + actividad física vigorosa

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN:

- Actividad Física Baja: lograr menos de 600 METS
- Actividad Física Moderada: lograr como mínimo un total de 600 METS.
- Actividad Física Vigorosa: lograr un total de al menos 1500 METS.

ANEXO 2.

HOJA DE INFORMACIÓN AL SUJETO.

Título del estudio: Efectos de una pre-contracción de la musculatura abdominal en la posterior contracción de la musculatura flexo-extensora de rodilla.

Investigador: Héctor Miguel Cobo Delgado.

Centros: Unidad de Investigación Clínica en Biomecánica y Fisioterapia de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de San Juan de Dios.

Dirección de contacto: Del Laboratorio de Biomecánica: Avenida de San Juan de Dios, 1 28350 Ciempozuelos (Madrid)

Teléfono y forma de Contacto: Del Laboratorio de Biomecánica: 91 893 37 69

Le ha sido propuesta la participación en el presente estudio de investigación, lea con calma la información que le proporcionamos a continuación y que le permitirá decidir si quiere o no participar. No es necesario que dé una respuesta en este momento, puede llevarse esta información que le proporcionamos y valorarla con calma. Puede realizar las preguntas que considere oportunas y estas se le resolverán. Debe saber que su participación es completamente voluntaria.

¿Por qué se realiza el presente estudio?

Hoy en día las lesiones del miembro inferior tienen una alta importancia, tanto a nivel deportivo como en la población en general. En concreto en el deporte, esto se debe a la cada vez más común profesionalización del deporte (lo cual equivale a mayor inversión económica en la formación y promoción de atletas de alto nivel) y a que en la mayoría de los deportes se dan las acciones de correr y saltar lo que aumenta la incidencia y probabilidad de este tipo de lesiones.

Hallar cómo influye la musculatura abdominal en la fuerza de los miembros inferiores y cuáles son los mecanismos que lo generan pueden suponer un hallazgo importante en el tratamiento y prevención de lesiones de estos.

¿Cuál es el objetivo del estudio?

El objetivo principal del estudio es comprobar si la contracción previa de la musculatura abdominal o ausencia de esta producen cambios en la fuerza media isométrica máxima en flexo-extensión de rodilla.

¿Cómo se va a realizar el estudio?

Se realizará un único grupo de estudio, donde se realizará una metodología de brazos cruzados esto quiere decir que la intervención (contracción de la musculatura abdominal)

irá en primer lugar en la prueba o en segundo de manera aleatoria. Siendo siempre la primera prueba que realizar la extensión de rodilla y después la de flexión. Para la medición de la fuerza se utilizará un dinamómetro, para la valoración de la actividad física se utilizará un cuestionario (International Physical Activity Questionnaire) y para valorar si existe o no activación muscular en la musculatura abdominal se utilizará EMG superficial.

La medición se realizará en el mismo día, y el procedimiento constará de: una fase de calentamiento, un proceso de normalización de la señal EMG superficial mediante una plancha frontal mantenida 20 segundos, y posteriormente las cuatro mediciones en el dinamómetro.

¿Qué beneficios puedo obtener por participar en este estudio?

Su participación en este experimento puede contribuir a un avance científico que sirva para mejorar el tratamiento y prevención de lesiones de miembros inferiores, así como la calidad de vida de las personas que padezcan o puedan padecer lesiones en el futuro.

¿Qué riesgos puedo sufrir por participar en el estudio?

La realización de este estudio no tiene efectos secundarios para la salud del sujeto, no obstante, si pudiera ocasionar dolor leve en caso de sobrepasarse en algún movimiento o test realizado. El sujeto podrá detener en cualquier momento que sienta dolor o incapacidad funcional sin ningún perjuicio.

¿Qué datos se van a recoger?

Datos personales sólo se recogerán el género y el cuestionario sobre actividad física, en cuanto a datos de laboratorio se recogerá la fuerza media máxima isométrica generada en cada una de las intervenciones y si existe o no contracción de la musculatura abdominal.

¿Cómo se tratarán mis datos y cómo se preservará la confidencialidad?

Todos sus datos se tratarán confidencialmente por el investigador o personas relacionadas con este y obligadas por el deber de secreto profesional. También podrían tener acceso las autoridades sanitarias y algún miembro designado del Comité de Ética de Investigación Clínica que supervisa el estudio, si así lo solicitaran. De acuerdo con la Ley Orgánica de Protección de Datos, debe saber que tiene derecho a acceder a los datos que de usted se guarden, a rectificarlos, a cancelarlos y a oponerse a su uso, sin tener que dar ninguna explicación.

¿Me puedo retirar del estudio?

La participación en este estudio es totalmente voluntaria. Usted podrá retirarse en cualquier momento si lo desea, sin tener que dar explicaciones y sin que por ello se produzca perjuicio alguno. Al mismo tiempo, el investigador puede decidir interrumpir el estudio en cualquier momento si así fuese necesario o así lo exigieran las autoridades sanitarias.

¿Quién supervisa el estudio?

La Comisión de Investigación de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios y el Comité de Investigación Clínica del Hospital de San Carlos de Madrid, que es el organismo encargado de evaluar la seguridad de los sujetos y los aspectos éticos y metodológicos de este estudio, ha aprobado el estudio, así como la presente hoja de información y el formulario del consentimiento informado.

ANEXO 3.

CONSENTIMIENTO INFORMADO. EN BASE A LA LEY 41/2002.

SUJETO DE ESTUDIO:

D/Dña _____ **con DNI** _____

He obtenido por parte del fisioterapeuta que realiza el procedimiento la información que ha sido explicada en cuanto al consentimiento. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre el contenido y desarrollo del estudio. Firmando abajo consiento que se me aplique el procedimiento que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible. Entiendo que tengo el derecho de rehusar parte o todo el procedimiento en cualquier momento. Entiendo el procedimiento que se me va a realizar y consiento en ser tratado por un fisioterapeuta colegiado.

Declaro no encontrarme en ninguno de los casos de las contraindicaciones especificadas en este documento.

Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar al estudio que me van a realizar. Asimismo, decido, dar mi conformidad, libre, voluntaria y consciente al procedimiento que se me ha informado.

Firma:

_____, a ____ de _____ de 20__

FISIOTERAPEUTA:

D/Dña _____, **con DNI** _____

Fisioterapeuta y alumno de Máster de la Universidad Pontificia Comillas de Ciempozuelos, Madrid. Declaro haber facilitado al sujeto toda la información necesaria para la realización del estudio expuesto en el presente documento y declaro haber confirmado, inmediatamente antes de la aplicación del procedimiento, que el sujeto no incurre en ninguno de los casos de contraindicación señalados anteriormente, así como haber tomado todas las precauciones necesarias para que la realización del estudio sea la correcta.

Firma:

_____, a ____ de _____ de 20__

ANEXO 4.

- Erectores espinales.



- Recto abdominal.



- Equipo EMG superficial.



ANEXO 5.

- Colocación paciente en el dinamómetro.



ANEXO 6.

- CEIC Hospital Clínico San Carlos a la Universidad Pontificia Comillas aprobando su propuesta de estudio e investigación, dentro de la cual se encuentra el objetivo de este presente estudio.



Hospital Clínico San Carlos

Comunidad de Madrid

Dictamen Modificación Favorable
Otros Estudios

C.P. - C.I. 15/416-E

16 de marzo de 2020

CEIC Hospital Clínico San Carlos

Dra. Mar García Arenillas
Presidenta del CEIC Hospital Clínico San Carlos

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Hospital Clínico San Carlos ha evaluado la propuesta del promotor para que se realice la modificación **1** en el estudio:

Título: "Variación de los datos biomecánicos del movimiento del cuerpo humano, por rangos de edad, sexo, actividad deportiva y características antropométricas, tras la aplicación de técnicas de fisioterapia deportiva".

Código Interno: 15/416-E

2º. La modificación solicita:

Mod. Documentación: Protocolo	
Mod. Documentación: Hoja Información Paciente (HIP)	
Versión protocolo	V. Febrero 2020
Versión HIP	MENORES / V. Febrero 2020 PADRES / V. Febrero 2020

3º. Este CEIC en su reunión del día 04/03/2020, acta 3.1/20 emite un **DICTAMEN FAVORABLE** para la realización de la modificación al estudio en el centro.

Lo que firmo en Madrid, a 16 de marzo de 2020